

温室黄瓜节水灌溉指标的研究*

贺忠群, 邹志荣, 陈小红, 杨旭, 李军

(西北农林科技大学 园艺学院, 陕西 杨陵 712100)

[摘要] 对日光温室黄瓜滴灌灌水指标进行了研究。结果表明: 秋延后温室黄瓜栽培在灌溉下限为75%的条件下, 最适灌溉上限为90% (占田间持水量的百分比), 此时, 黄瓜产量高、水分利用率高、品质好。从开花结果—拔秧, 灌溉定额为 $1\ 934\ 76\ \text{m}^3/\text{hm}^2$, 灌水次数10次效果较好。

[关键词] 温室黄瓜; 滴灌; 节水指标

[中图分类号] S642.207+.1

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2003)03-0077-04

黄瓜 (*Cucumis sativus* L.) 是需水量较大的蔬菜, 其日光温室生产与露地栽培相比较, 水分对土壤植物及环境空气湿度的影响更直接, 灌水量过大无效蒸腾增加, 造成水分浪费, 而且会引起温室空气湿度增加, 病害大量发生。近年来, 温室蔬菜栽培面积发展迅速, 许多地区已采用微喷、滴灌等先进的灌水技术, 但在实际栽培中, 蔬菜灌水仍主要是丰水高产型灌溉, 没有将无效蒸腾降低到最低程度, 没有达到水分的优化管理及提高水分利用率。水分对黄瓜开花座果及产量都有较大的影响, 前人的研究主要集中在灌溉土壤水分下限, 也就是什么时期开始灌水的问题, 而灌多灌少的灌水定额是灌至土壤田间持水量。袁光辉^[1]研究认为, 100% 的灌水上限并不是最理想的丰产、节水灌溉指标, 而应低于此指标。关于日光温室黄瓜灌溉土壤水分上限的研究在国内报道较少。

本研究在前人关于温室黄瓜灌溉土壤水分始点的基础上, 采用水分张力计控制滴灌系统对温室黄瓜开花结果期适宜灌溉土壤水分上限进行了研究, 以期确定较适宜的节水灌溉指标, 如灌溉上限、灌溉次数、灌溉量, 以提高水分利用率, 实现温室黄瓜水分的优化管理, 达到优质、高产, 为温室合理用水提供可靠的依据。

1 材料与方法

1.1 试区概况

试验于2002-07~11在西北农林科技大学园艺场日光温室进行。供试土壤容重(ρ) $1.37\ \text{g}/\text{cm}^3$, 最

大田间持水量为24%, 有机质 $14.48\ \text{g}/\text{kg}$, 速效磷 $19.12\ \text{mg}/\text{kg}$, 速效钾 $133.26\ \text{mg}/\text{kg}$, 碱解氮 $88.715\ \text{mg}/\text{kg}$, pH 7.44。

试验占地面积 $142.8\ \text{m}^2$, 小区面积 $4.76\ \text{m}^2$, 滴灌系统工作压力 $0.01\sim 0.03\ \text{MPa}$, 滴头流量为 $1.04\ \text{L}/\text{h}$, 滴头间距 $30\ \text{cm}$ 。

试验前在田间用张力计法测定试区土壤水分特征曲线, 结果见图1。

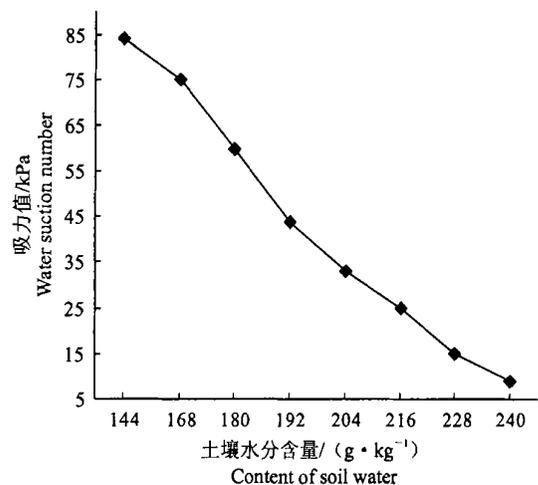


图1 试验土壤水分特征曲线

Fig. 1 Soil water characteristic curve

1.2 材料

供试材料为早中熟黄瓜品种津春2, 由天津黄瓜研究所研制。

1.3 方法

1.3.1 试验前黄瓜秧苗的准备 试验于2002-07-

* [收稿日期] 2002-12-02

[基金项目] 国家“863”计划项目(2001AA 247012)

[作者简介] 贺忠群(1971-), 女, 四川开县人, 在读硕士, 主要从事设施蔬菜栽培研究。

17 在营养钵中播种育苗, 营养土配方为 3 份园土, 1 份生物有机肥(山东绿丰生态环保工程有限公司生产的蔬菜专用肥, 有机质 400 g/kg, 中微量元素 50 g/kg, 氮、磷、钾 80 g/kg)。播种后 28 d 时定植于温室, 温室从定植到拔秧一直覆有棚模, 以防雨水对水分处理的影响, 08-18~ 09-02 覆盖有遮阳网, 定植时苗平均株高 13.5 cm, 平均叶片数 2.8 片, 子叶下 1 cm 平均周长 1.7 cm。

1.3.2 试验设计 试验按不同水分上限设 A_1 (100%), A_2 (95%), A_3 (90%), A_4 (85%), A_5 (80%) 5 个处理, 3 个重复共 15 个小区, 采用巢式设计, 水分下限在结果初期、结果盛期、结果后期按 75% 进行灌溉。定植时按统一标准筛选瓜苗, 株距 30 cm, 苗统一离滴头 3 cm, 行距 50 cm, 每小区定植黄瓜 44 株, 小区间用薄膜隔开, 埋设深度 45 cm。各处理小区灌水量按 $m_{\text{滴}} = 667rh(\theta_{\text{max}} - \theta_{\text{min}})P/\eta$ 公式计算, 式中 r 为土壤容重, 1.37 g/cm^3 ; η 为水分利用系数, 滴灌取 0.9; h 为灌水计划湿润层; P 为土壤湿润比, 取 100%; 其中灌水计划湿润层, 开花座果期为 20 cm, 以后按深度 40 cm 计算。土壤含水量变化用土壤水分张力计进行测定, 并定时用烘干法校正^[2]。张力计摆设位置离滴头 10 cm, 深度为 15 cm, 当张力计读数为 60 kPa (75%) 时, 补水至上限, 每天早上 8:00~ 9:00 记载张力计读数, 灌水量以浙江宁波产的水表计数。

1.3.3 生理指标的测定 水分处理 1 个月后, 每小区按根茎周围面积 160 cm^2 , 深 40 cm 的统一标准取样 3 株, 用 TTC 法测定根系活力并观察根系生长状况; 叶片自由水、束缚水测定用马林契克法; 叶片水势用小液流法测定; 用 CIRA S-1 便携式光合测定仪测定光合、蒸腾及气孔导度, 测定部位均为植株从上往下数的第 6 片叶, 每小区随机取样 3 株。在黄瓜结瓜盛期摘取节位一致、长粗较一致的瓜条测定瓜条中部的 V_c 及可溶性糖含量。

2 结果与分析

2.1 不同水分上限对黄瓜根系生长的影响

从表 1 可见, 水分对根系的生长有明显的影响, 水分上限越高, 根系含水量越大, A_1 (100%) 处理含水量的值最大, A_5 最小; 而干鲜比随水分上限递减而递增, 说明在较干旱(水分上限低区)条件下, 根系出于生存的本能, 主根、侧根都较粗, 毛细根少, 根系干物质积累大于水分上限高区, 水分上限高区则主侧根细, 毛细根相应较多。从根系活力来看, A_3 根系活力最强, A_1 和 A_5 由于长时间处于不良水分环境而根系活力较差, 同时也说明主侧根粗大并不能代表其根系活力强。 A_3 (90%) 区适宜于根系的良好生长。通过根系活力与灌水上限的回归相关分析, 发现以三次多项式拟合最优: $y = -311.23x^3 + 787.662x^2 - 658.47x + 182.6, R^2 = 0.998$ 。

表 1 水分上限对根系的影响

Table 1 The effect of irrigation maximum on roots

处理 Treatment	根鲜重/g Fresh roots weight	根干重/g Dry roots weight	含水量/(g·g ⁻¹) Water content of one gram dry roots weight	干鲜比 Rate between dry and fresh roots weight	主根粗/cm Thickness of main root	根系活力/ (g·g ⁻¹ ·h ⁻¹) Root vitality
A_1	14.782 2 a	1.062 8	12.556 8 a	0.074 4 d	1.626 7	0.519 36 b
A_2	11.123 1 b	1.177 3	8.421 4 b	0.105 8 c	1.65	1.025 3 a
A_3	7.846 4 c	0.989 1	6.949 2 c	0.126 1 b	1.683 3	1.075 6 a
A_4	7.739 3 c	1.035	6.482 7 c	0.133 7 b	1.833 3	0.807 4 a
A_5	6.713 2 c	0.977 8	5.851 9 c	0.145 7 a	1.816 7	0.550 4 b

2.2 不同水分上限对黄瓜生理指标的影响

2.2.1 对叶片自由水、束缚水和水势的影响 自由水与束缚水的比值说明植物代谢的活跃程度, 比值越大代谢越活跃。由表 2 可见, A_3 (90%) 自由水/束缚水的值最大, 植物代谢最活跃, A_3 - A_1 随水分上限递增, 自由水/束缚水的值下降, A_3 - A_5 随水分上限递减, 自由水/束缚水的值也呈下降趋势, 说明水分上限高于 A_3 或低于 A_3 细胞代谢活动都受抑制,

不利于植物的生长发育。

叶片水势反映了叶片的水分状况, 由表 2 可见, 叶片水势随灌溉上限的增大而递增, A_3 与 A_1 , A_5 之间都达到显著差异, 而 A_2 与 A_3 , A_4 与 A_5 之间差异不显著。叶水势是确定灌溉的重要指标之一, 由显著性分析说明灌水上限应大于 A_5 上限, 小于或等于 A_3 上限, 这样可以达到节约用水, 同时满足植物生长需要。

表 2 灌水上限对叶片自由水、束缚水和水势的影响

Table 2 The effect of irrigation maximum on free water and binding water of leaves

处理 Treatment	自由水/% Free water	束缚水/% Binding water	自由水/束缚水 Rate between free and binding water	水势/b Water potential
A ₁	0.5633	0.2441	2.3082 ab	-3.6637 c
A ₂	0.5669	0.2315	2.4483 ab	-5.31813 b
A ₃	0.7119	0.2227	3.1966 a	-6.3693 b
A ₄	0.5574	0.2951	1.8884 b	-7.915 a
A ₅	0.4732	0.3600	1.312 b	-8.745 a

2.2.2 对叶片光合速率、蒸腾速率及气孔导度的影响 由表 3 分析,水分对光合和气孔导度的影响趋势是一致的,A₃(90%)时最高,显著高于A₁和A₅,A₃处理由于长时间处于较适的水分环境,气孔导度大,光合能力强,而A₁,A₅由于水分过多、过少而抑

制了气孔导度的增加,不利于光合作用的进行。通过蒸腾,光合与水分上限的回归分析,蒸腾与水分上限呈直线相关, $y = 11.84x - 5469.1, r = 0.9347$;光合与水分上限呈三次曲线关系 $y = 2721.7x^3 - 7817.7x^2 + 7430.1x - 2323.6, R^2 = 0.9982$ 。

表 3 灌水上限对叶片光合速率、蒸腾速率及气孔导度的影响

Table 3 The effect of irrigation maximum on photosynthesis rate, transpiration rate and stomatic conductance of leaves

处理 Treatment	光合速率/($\mu\text{mol} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$) Photosynthesis rate	蒸腾速率/($\text{mol} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$) Transpiration rate	气孔导度/($\text{mol} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$) Stomatic conductance
A ₁	10.6 b	6.2833 a	241.6667 b
A ₂	13.0167 ab	5.5967 ab	404.6667 ab
A ₃	15.4833 a	5.3967 ab	734 a
A ₄	15.1333 a	5.07 b	586.6667 a
A ₅	10.75 b	3.5867 c	277.1667 b

2.2.3 对产量和水分利用率的影响 由表 4 可见,A₃(90%)区产量最高,显著高于其他处理,增产率也最大。产品水分生产率和水分利用率具有相似的趋势,A₃最高,皆高于其他处理。在A₃区不仅产量

最高,水分利用率也最大,说明A₃为黄瓜节水增产最适水分上限。通过产量与灌水量的回归分析,以二次多项式拟合最优, $y = -13739x^2 + 77497x - 78555, R^2 = 0.8747$ 。

表 4 灌溉上限对黄瓜产量和水分利用率的影响

Table 4 The effect of irrigation maximum on yield and water effective utilization ratio of cucumber

处理 Treatment	小区产量/kg Plot yield	产量/ ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$) Yield	比A ₁ 增产/% Rate of increased yield with A ₁	产品水分生产率/ ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$) Water produc- tivity of products	水分利用率 (光合/蒸腾) Water effective utilization ratio
A ₁	28.14 b	60287.09		25.881	1.6870
A ₂	29.86 b	63972.02	6.1	34.44	2.3258
A ₃	33.32 a	71374.69	18.4	36.192	3.5548
A ₄	28.69 b	61465.35	1.97	29.748	2.9849
A ₅	27.94 b	59772.96	-0.69	35.682	2.8690

表 5 开花座果到拔秧灌水统计

Table 5 Irrigation amount statistics

处理 Treatment	总灌水量/ m^3 The total irrigation amount	总灌水次数 The total times of irrigation	比A ₁ 节水/% Rate of saved water with A ₁
A ₁	3.26159	8	
A ₂	3.01065	9	7.69
A ₃	2.76146	10	15.33
A ₄	2.49755	15	23.43
A ₅	2.34932	18	30.17

2.2.4 开花座果到拔秧总灌水量统计 由表 5 可见,随水分上限降低,节水率增加。从灌水次数来看,

A₄和A₅灌水量少,但灌水次数多,节水率虽然最高,但其产品水分生产率却小于A₃。A₂产品水分生产率与A₃差异不大,但节水率低。相比之下,A₃不仅产量高,水分利用率高,而且节水效果较好。

2.3 对黄瓜品质的影响

由表 6 可见,不同灌溉上限对黄瓜可溶性糖影响较为明显,A₃(90%)显著高于其他处理,且A₁,A₅间有显著差异,说明水分过高过低都影响糖的代谢及合成,而对Vc的影响各处理间无显著差异,A₂(95%)Vc含量最高,A₂-A₅随水分上限递减Vc

含量减少,水分过多过少,Vc含量都下降。

表 6 灌溉上限对黄瓜品质的影响

Table 6 The effect of irrigation maximum on quality of cucumber

处理 Treatment	可溶性糖/(g·kg ⁻¹) The content of soluable sugar	Vc/(mg·kg ⁻¹) The content of V itam in C
A ₁	29.23 4 b	1.606 4 a
A ₂	31.20 b	2.509 1 a
A ₃	37.424 a	2.078 6 a
A ₄	28.508 b	2.013 8 a
A ₅	22.944 c	1.935 1 a

3 小结与讨论

试验结果表明,不同水分上限处理,黄瓜在形态指标、生理指标、品质方面都有一定的差异性,灌水上限不同,灌水周期、灌水次数都有很大的差异。水分上限对根系活力、光合以三次多项式拟合为优,产量与灌水量以二次多项式拟合为优。A₄(85%),A₅(80%)灌水量虽少,产品生产率、水分利用率与A₃差异不大,但灌水次数太多,产量与A₃有显著性差异。A₂(95%)与A₃(90%)水分利用率差异不大,但A₂产量低,灌水量大,A₃(90%)处理根系活力、光合速率、产量、水分利用率表现比其他处理高。综合评价认为,秋延后温室黄瓜栽培在滴灌条件下,开花座

果—拔秧以总灌溉定额为1 934 76 m³/hm²,灌水次数为10次,灌水上限为90%时效果较好。这与罗家雄^[3]在塑料大棚滴灌时黄瓜结果期的适宜土壤水分上限为92%的结论相差不大,但其研究局限性是根据灌溉间隔天数来控制灌溉的时间,未对灌溉始点进行严格控制。前人关于灌溉量和产量的关系研究较多,灌溉方式不同结论差异较大。王新元等^[4]研究日光温室冬春茬黄瓜产量与灌水量的关系表明:黄瓜产量随灌水量的增加而增加,节水率则随之减少,但处理不够灌水极限尚未得出。这与本试验A₅~A₃处理所得结论趋势相一致。至于灌溉量和灌溉次数的研究,许贵明等^[5]在塑料大棚春黄瓜节水灌溉的研究中表明,黄瓜滴灌总次数11次,总灌溉定额1 517.1 m³/hm²,但未对灌水上限进行研究,灌水量是灌至田间持水量。由于栽培季节、灌水方式不同,与本试验日光温室秋茬黄瓜的灌溉定额有较大的差异。本研究利用张力计控制滴灌系统可及时根据土壤水分变化状况控制灌溉,将灌溉始点和灌溉上限相结合进行研究更具有科学性,这在国内研究较少,在黄瓜上未见报道。滴灌技术在我国日光温室正推广使用,因此研究滴灌条件下的节水灌溉指标还需进一步与实际相结合,逐步使日光温室的水分管理制度化、科学化。

[参考文献]

- [1] 袁光辉 农田灌溉中需要探讨的几个问题[J]. 灌溉排水, 1994, 13(4): 19- 21.
- [2] Smatstrla A G L, Ocassio S J. Tensiometer-controlled drip-irrigation scheduling of tomato[J]. Applied Engineering in Agriculture, 1996, 12(3): 315- 319.
- [3] 罗家雄 塑料大棚滴灌蔬菜耗水量及灌溉制度[J]. 新疆农业科技, 1981, (4): 42- 45.
- [4] 王新元, 李登顺, 张喜英 日光温室冬春茬黄瓜产量与灌水量的关系[J]. 中国蔬菜, 1999, (1): 18- 21.
- [5] 许贵民, 刘育慧, 栾雨时 塑料大棚黄瓜节水灌溉的研究[J]. 农业工程学报, 1990, 6(2): 56- 62.

Study on water-saving irrigation index for greenhouse cucumber

HE Zhong-qun, ZOU Zhi-rong, CHEN Xiao-hong, YANG Xu, LI Jun

(College of Horticulture, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The experimental study on water-saving irrigation index for greenhouse cucumber shows that on the basis of irrigation start-point of 75%, the optimal soil water irrigation maximum is 90% (the percent comparing to the field water capacity). Under 90% soil water, the yield, water effective utilization ratio and the quality are the best. From bloom and fruit-bearing to harvest, the whole amount of irrigation is 1 934 76 m³/hm² and irrigation times are ten.

Key words: greenhouse cucumber; irrigation; saving-water index